

ANALISA PENGURANGAN HARMONIK PADA CONVERTER AC-DC MENGGUNAKAN TAPIS PASIF

Dwi Adi Kusworo, Sapto Nisworo, Endang Mawarsih
Universitas Tidar Magelang

INTISARI

Dalam era globalisasi, sektor perindustrian mempunyai peranan yang sangat penting dalam rangka membangun perekonomian di Indonesia. Pembangunan sekolah-sekolah dan universitas, merupakan salah satu upaya bangsa Indonesia dalam mengembangkan sektor industri. Diharapkan tercipta sumber daya manusia yang potensial, terdidik, terampil dan siap pakai.

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui watak tegangan harmonik, menganalisis THD tegangan, dan menemukan parameter tapis pasif pelewat rendah yang digunakan untuk mengurangi tegangan pada converter, analisis ini dianalisis dengan menggunakan program matlab untuk mensimulasikan converter.

Dalam analisis memperlihatkan nilai harmonik tertinggi pada orde ke-2, tapis pasif pelewat rendah dengan nilai kapasitas 0,04 farad dan nilai induktas induktans 0,0398 henry dapat mengurangi THD dari 15.6481 % sampai menjadi 2.27273 %.

Kata kunci : tapis pasif, harmonik, converter AC-DC.

A. PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi, sektor perindustrian mempunyai peranan penting dalam membangun perekonomian di Indonesia. Pembangunan sekolah-sekolah dan universitas-universitas, merupakan salah satu upaya bangsa Indonesia dalam mengembangkan sektor industri, diharapkan tercipta sumber daya manusia yang potensial, terdidik, terampil dan siap pakai.

Adanya era industrialisasi, perkembangan industri dunia mengalami kemajuan pesat, terlebih dalam industri elektronik. Dengan pesatnya laju pertumbuhan industri elektronik, hampir tidak ada peralatan yang tidak menerapkan unsur elektronik dalam kehidupan sehari-hari, keperluan rumah tangga, sarana hiburan, maupun sarana komunikasi. Salah satu peralatan elektronik daya banyak digunakan pada aplikasi *drive system* pada industri untuk mengendalikan arus searah, merupakan beban non linear dan merupakan sumber harmonik terakulasi ke dalam sistem tenaga, sehingga mengakibatkan distorsi harmonik tegangan. Teknologi elektronika daya sangat dibutuhkan pada industri. *Converter* merupakan salah satu peralatan elektronika daya yang berfungsi mengubah catu daya AC menjadi catu daya DC. *Converter* biasa digunakan perusahaan untuk cadangan catu daya *UPS (Uninterruptible Power Supply)* yang beroperasi saat catu daya utama.

B. PEMBAHASAN

Thyristor peralatan elektronika daya yang terdiri dari empat lapisan semi konduktor p-n-p-n, dengan tiga sambungan dan merupakan saklar yang dapat dikendalikan dengan pemicu. *Thyristor* terdiri dari anoda (A), katoda (K) dan *elektroda* pemicu yang disebut gerbang (G). (Seguier, 1986, hal 5). *Thyristor* dipicu dengan isyarat pengendali daya rendah. (G, Fink, hal 15-8). *Converter* merupakan pengubah daya dari sumber daya AC menjadi daya DC untuk beban. (G. Fink, hal 15-33). Bentuk gelombang keluaran *converter* ideal seharusnya berupa isyarat searah. (Rashid, 1993, hal 356).

Dengan jalan mengatur sudut penyulutan *thyristor* dapat diperoleh tegangan keluaran *converter* yang diharapkan. (Fitzgerald, 1983, hal 497). Ada banyak cara untuk mengatur sudut penyulutan *thyristor*, salah satu metode dengan menggunakan *symmetrical angle control*. (Rashid, 1993, hal 169). Dalam operasi pengubah daya permasalahan utama pada *switching*. Peralatan saklar semikonduktor dimungkinkan menghasilkan arus dan tegangan harmonik, sehingga diperlukan tapis LC untuk meleminasi gelombang harmonik tersebut. (Rashid, 1993, hal 16).

Ketika tegangan melintasi peralatan *switching*, arus menjadi nol. Tegangan dan arus dipaksa jalan terus melewati nol dengan membuat rangkaian resonans LC, hal ini disebut *pulse resonans converter*. (Rashid, 1993, hal 414).

Converter merupakan pengubah daya dari sumber daya AC menjadi daya DC untuk beban. (G. Fink, hal 15-33). Bentuk gelombang keluaran *converter* ideal seharusnya berupa isyarat searah. (Rashid, 1993, hal 356).

Converter AC to DC

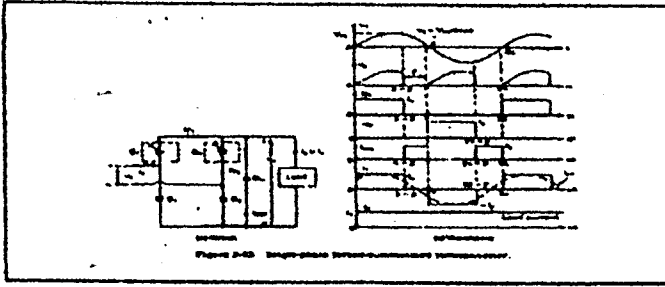
Penyearah dioda hanya menghasilkan sebuah tegangan keluaran tertentu. Untuk menghasilkan tegangan keluaran yang terkontrol, sudut fasa thyristor menggunakan diode. Tegangan keluaran penyearah thyristor diubah oleh pengontrolan penundaan atau pemadaman sudut thyristor. Fasa kontrol thyristor dinyalakan dengan menerapkan pulsa pendek ke gerbangnya, dan dimatikan secara alami atau *line communication*, dan jika beban induktans yang tinggi dimatikan dengan *frying*. Thyristor penyearah yang lain selama putaran setengah negatif fasa kontrol *converter*. *Converter* ini sederhana tidak mahal dan koefisien penyearah ini secara umum di atas 95 %. Sejak pengubahan penyearah AC ke DC, penyearah terkontrol juga disebut *converter* AC ke DC dan digunakan secara *ekstensif* dalam penerapan industri, khususnya dalam *variable speed driver*, bergerak dari *fracsional horsepower* ke *megawatt power level*.

Daya Improvements

Faktor tenaga dari *phase controled converter* tergantung pada sudut α dan secara umum rendah, khususnya pada jarak tegangan keluaran rendah. *Convertér* ini menghasilkan harmonik pada catu daya. Komutasi paksa dapat menaikkan faktor tenaga keluaran dan mengurangi tingkat harmonik. Teknik komutasi paksa ini menjadi menarik untuk pengubah AC ke DC. Dengan kemajuan peralatan tenaga semikonduktor (contohnya : *gate-turn-off thyristor*), komutasi paksa dapat diimplementasikan dalam sistem praktek, dengan menggunakan *symmetrical angle control* untuk *semi converter*.

Symmetrical Angle Control

Symmetrical angle control beroperasi di daerah satu kuadran dan gambar 1 menunjukkan *single-phase semiconverter* dengan komutasi paksa pemutus S1 dan S2. Pemutus 1 menghantarkan $\omega t = (\pi - \beta)/2$ dan dimatikan pada $\omega t = (\pi + \beta)/2$. Pemutus S2 menghantarkan pada $\omega t = (3\pi - \beta)/2$ dan dimatikan pada $\omega t = (3\pi + \beta)/2$. Tegangan keluaran dikontrol dengan pengubahan sudut hantaran β



Gambar 1. Single – Phase Semiconverter

Komponen dasar arus masukan berada di phasa dengan tegangan masukan dan faktor pengganti merupakan kesatuan. Oleh karena itu, faktor tenaga akan dinaikkan.

Tegangan keluaran rata-rata diperoleh dari persamaan (1) :

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{(\pi-\beta)/2}^{(\pi+\beta)/2} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{2V_m}{\pi} \sin \frac{\beta}{2} \quad (1)$$

dan V_{dc} dapat diperoleh dari $2V_m/\pi$ ke 0 dengan mengubah π ke 0. tegangan keluaran rms didapat dari persamaan :

$$V_{rms} = \left[\frac{2}{2\pi} \int_0^{n-\beta} V_m^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{1/2}$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \left[\frac{1}{\pi} (\beta + \sin \beta) \right]^{1/2} \quad (2)$$

tegangan masukan sesaat diperoleh dari persamaan (3) dinyatakan dalam fourier series dengan persamaan (5), (6) :

$$V_s(t) = V_{dc} + \sum_{n=1,2}^x (a_n \cos n\omega t - b_n \sin n\omega t) \quad (3)$$

Keterangan :-

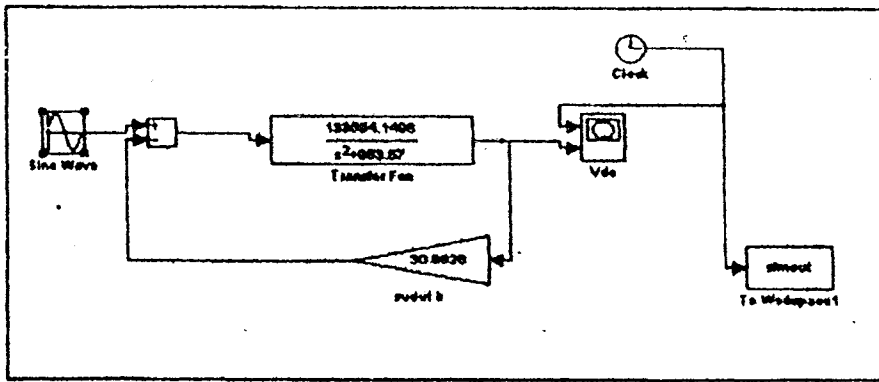
$$a_o = V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_{(n-\beta)/2}^{(n+\beta)/2} V_{dc} d(\omega) - \int_{(n-\beta)/2}^{(n+\beta)/2} V_{dc} d(\omega) \right] = 0 \quad (4)$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} V_s(t) \cos n\omega t d(\omega t) = 0 \quad (5)$$

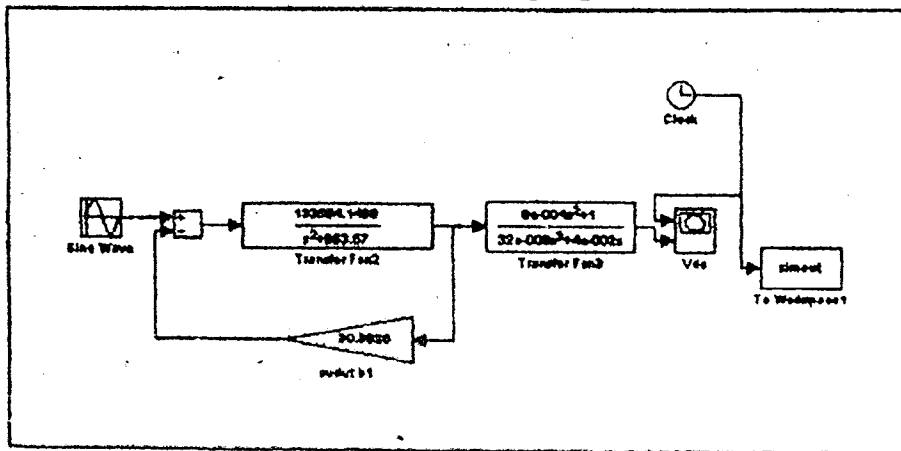
$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} V_s(t) \sin n\omega t d(\omega t) = \frac{4I_a}{n\pi} \sin \frac{n\beta}{2} \quad \text{for } n = 1, 3 \quad (6)$$

$$= 0 \quad \text{for } n = 2, 4$$

Dari persamaan (1) dapat dibuat blok simulasi pengaturan sudut dengan pemrograman matlab-simulink seperti ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2. Blok diagram pengaturan sudut



Gambar 3. Blok simulasi pengaturan sudut menggunakan tapis pasif frekuensi cut off = 200 Hz $V_m = 220$ dan $\alpha = 30.8826^\circ$

C. ANALISIS DAN HASIL SIMULASI

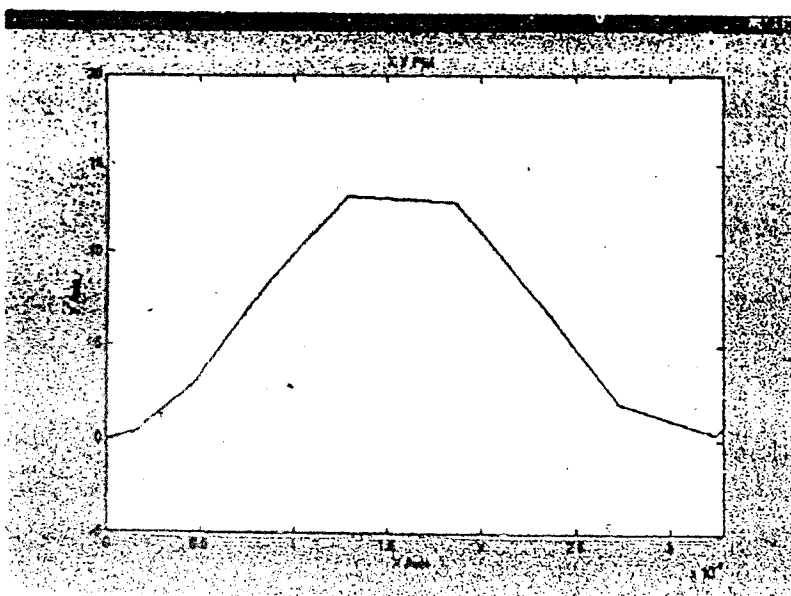
a. Hasil Simulasi

Dari persamaan (1) diperoleh nilai-nilai pemotongan sudut ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1

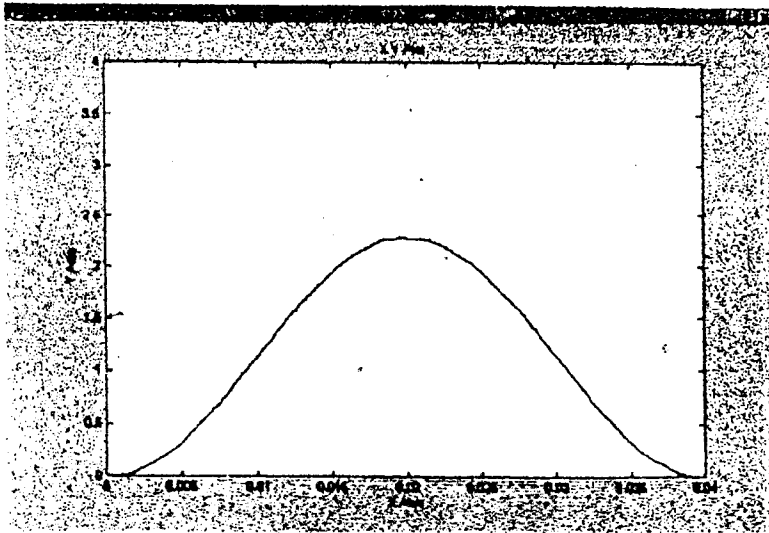
Tegangan Masukan	Sudut Pemotongan
230	29,536°
225	30,1947°
220	30,8826°
215	31,6026°
210	32,3571°
205	33,1485°
200	33,9796°
195	34,8536°
190	35,7738°

Dari gambar 2 diperoleh hasil simulasi ditunjukkan dengan gambar 4



Gambar 4. Hasil simulasi pengaturan sudut $V_m = 220$ dan $\alpha = 30,8826^\circ$

Dari gambar 3 diperoleh hasil simulasi ditunjukkan dengan gambar 5 :



Gambar 5. Hasil simulasi pengaturan sudut dengan filter pasif LC dengan frekuensi cut-of 200 Hz $V_m = 220$ dan $\alpha = 30,8826^\circ$

b. Analisis Hasil Simulasi

Dari nilai dihasilkan dari pengaturan sudut dengan pemrograman matlab ditunjukkan pada tabel 1 dapat dibuktikan dengan analisis perhitungan sebagai berikut :

- pada saat tegangan masukan sebesar 220 volt

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{(n-\beta)/2}^{(n+\beta)/2} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{2V_m}{\pi} \sin \frac{\beta}{2}$$

$$12 = \frac{220}{\pi} \sin \beta / 2$$

$$\frac{\beta}{2} = \text{inv sin} \frac{12\pi}{440}$$

$$\beta = 4,93 \times 2$$

$$\beta = 9,8 \times \pi$$

$$= 30.8822^\circ$$

- pada saat tegangan masukan 190 volt

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{(n-\beta)/2}^{(n+\beta)/2} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{2V_m}{\pi} \sin \frac{\beta}{2}$$

$$12 = \frac{190}{\pi} \sin \beta / 2$$

$$\frac{\beta}{2} = \text{inv sin} \frac{12\pi}{380}$$

$$\beta = 5,69 \times 2$$

$$\beta = 11,3871526 \times \pi = 35.7738^\circ$$

- pada saat tegangan masukan 230 Volt

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{(n-\beta)/2}^{(n+\beta)/2} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{2V_m}{\pi} \sin \frac{\beta}{2}$$

$$12 = \frac{230}{\pi} \sin \beta / 2$$

$$\frac{\beta}{2} = \text{inv sin} \frac{12\pi}{460}$$

$$\beta = 4,7009245593621949305547567984371 \times 2$$

$$\beta = 9,402 \times \pi$$

$$= 29.5356^\circ$$

Dari gambar 4 dapat dihitung nilai harmonik dengan pemrograman matlab dengan nilai total cacat harmonik 15.6481 %, dengan nilai harmonik tertinggi pada orde ke-2.

Dari gambar 5 dapat dihitung nilai harmonik dengan pemrograman matlab dengan nilai total cacat harmonik 2.27273 %, dengan nilai harmonik tertinggi pada orde ke-5.

D. KESIMPULAN

Tegangan keluaran yang dihasilkan berupa gelombang kotak dengan tegangan maksimal sebesar 12 Volt dengan sudut pemotongan sebesar 30.8826° dengan tegangan masukan 220 volt dengan total cacat harmonik sebesar 15.6481 % dengan total cacat harmonik setelah pemasangan tapis sebesar 2.27273 %, dengan nilai induktans sebesar 0,04 henry dan kapasitas 0,04 farad pada frekuensi cut-off sebesar 200 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrilaga, J. Bradley, D.A., Bodger, P.S., 1985, *Power System Harmonic*, John Wiley & Sons, Norwich.
- Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky, 1983, *Sinyal dan Sistem*, diterjemahkan oleh S. Hamid Nawab, Erlangga.
- Seguier, Guy, 1986, *Power Elektronik Converter AC – DC Conversion*, McGraw-Hill Book Company.
- Edminister, J.A., 1995, *Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga.
- Lawrence P. Huelsman, 1993, *Active and Passive Analog Tapis Design*, McGraw-Hill Book Company.
- Halkias, Milman, 1983, *Integrated Electronics*, McGraw-Hill Book Company.
- Valkenburg, M.E, 1982, *Linear Circuits*, Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Rashid, 1993, *Circuit, Device, and Applications*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, Company.
- Roger C., Dugan, 1996, *Electrical Power Systems Quality*, McGraw-Hill Book Company.
- Sujito, T., Haryono, 2003, *Proceding Seminar Selektro Study of Harmonik in Rectifier Used the Passive Filter*, Akprind, Yogyakarta.
- Hartanto, W.D.W, Prasetyo, Y.W.A, 2003, *Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan Matlab*, Andi Offset, Yogyakarta.